
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 2612R1011 – Elektronické informační a řídicí systémy

Řízené větrání učebny TK3

Controlled Ventilating of Schoolroom TK3

Bakalářská práce

Autor:	Tomáš Kalina
Vedoucí práce:	Ing. Miloš Hernych
Konzultant:	Ing. Dalibor Skácel

V Liberci 16. 5. 2008

Originální zadání

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé BP a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom(a) toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 16. 5. 2008

Podpis:

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou vytápění a větrání budov, především pomocí teplovzdušných jednotek Atrea RB české firmy Atrea. Také řeší využití jedné této jednotky jako fyzikálního modelu v učebně TK3.

Jednotka bude využívána jako výukový fyzikální model, na kterém si studenti budou moci ověřit své znalosti. Další možností bude reálný provoz tohoto zařízení.

Na rozdíl od originálního provedení nebyl zvolen řídicí systém od výrobce, ale programovatelný automat Tecomat TC659. Je to jeden z programovatelných automatů, používaných v učebně TK3 k výuce několika předmětů zaměřených na automatizaci. Díky dobré propojitelnosti pomocí několika druhů komunikačních protokolů dokáže sbírat potřebná data i řídit teplovzdušnou jednotku.

Pro sběr dat o teplotě byla vybrána 1-Wire sběrnice. Ta umožňuje i při připojení několika teploměrů získávat data od přesně určeného. Není potřeba zaplnit spoustu analogových vstupů PLC, sběrnice se připojí přes sériový port.

Reálný provoz bude možné provádět v různých režimech. Ty budou plně ovládány pomocí PLC a naprogramovány v prostředí Mosaic. Rozvržení vzduchotechnického potrubí po učebně bylo navrženo v konstrukčním programu Catia.

Klíčová slova: Atrea RB, Tecomat 659, vzduchotechnika, 1-Wire sběrnice, učebna TK3

Abstract

This bachelor thesis discusses questions of heating and ventilating of buildings, particularly by the help of warm-air heating units Atrea RB from Czech company Atrea. It also solves the use of one of this unit as a physical model in schoolroom TK3.

Unit will be used as a teaching physical model, in which students will be able to verify their knowledge. Another option is a real operation of this equipment.

In contrast, original implementation was not elected as a control system from the manufacturer, but the programmable logic controller Tecomat TC659. It is one of the programmable logic controllers used in the schoolroom TK3 to teach several subjects about automation. Thanks to the good connectivity using several types of communication protocols can collect the necessary data and control warm-air heating unit.

1-Wire bus was chosen for the collection of data on temperature. It also allows the connection of several thermometers to obtain data from the selected one. There is no need to fill lots of analog inputs PLC, the bus connects via serial port.

The real operation can be carried out in different modes. These will be fully controlled through the PLC and programmed in Mosaic. Layout HVAC (Heating, Ventilation & Air Conditioning) ductwork in the schoolroom was projected in the design software Catia.

Keywords: Atrea RB, Teco 700, air conditioning, 1-Wire bus, schoolroom TK3

Obsah

Abstrakt	4
Obsah	6
Seznam použitých symbolů a zkratk	9
1 Úvod	10
2 Vzduchotechnika.....	11
2.1 Složky mikroklimatu.....	11
2.1.1 Teplotně-vlhkostní složka.....	11
2.1.2 Mikrobiální a aerosolová složka	11
2.1.3 Oděrová složka	12
2.1.4 Toxické mikroklima.....	12
2.1.5 Ostatní složky mikroklimatu.....	12
2.2 Větrání budov	12
2.2.1 Přirozené větrání	13
2.2.2 Nucený odvod vzduchu	13
2.2.3 Nucený přívod a odvod vzduchu bez distribuce potrubím	13
2.2.4 Nucený přívod a odvod vzduchu s distribucí potrubním systémem s ohřevem a filtrací vzduchu	13
2.2.5 Menší vzduchotechnická jednotka s rekuperací tepla (s distribucí vzduchu).....	14
2.2.6 Menší vzduchotechnická jednotka s ohřevem i rekuperací tepla	14
2.3 Řešení pomocí větracích a teplovzdušných jednotek Duplex RB firmy Atrea.....	14
2.4 Provozní režimy jednotky Duplex RB.....	15
2.4.1 Rovnotlaký větrací režim.....	15
2.4.2 Cirkulační vytápěcí a větrací režim	16
2.4.3 Cirkulační vytápěcí režim s nárazovým větráním	16
2.4.4 Větrací režim podtlakový.....	17

2.4.5	Větrací režim přetlakový	17
3	Programovatelné automaty.....	18
3.1	Tecomat TC659	18
3.2	Programování Tecomat TC659.....	19
3.3	Sériová komunikace Tecomat TC659.....	19
3.4	Struktura dat při sériové komunikaci.....	19
3.4.1	Příjem dat.....	20
3.4.2	Vysílání dat	21
3.4.3	Princip vysílání a přijímání zpráv	21
3.5	Binární výstupy	21
3.6	Analogové výstupy	22
4	1-Wire sběrnice	23
4.1	Vlastnosti sběrnice a kompatibilních zařízení	23
4.2	Princip komunikace po 1-Wire sběrnici	23
4.3	DS2480B.....	25
4.4	DS18B20.....	25
5	Koncepce a řešení využití teplovzdušné jednotky.....	27
5.1	Koncepce	27
5.1.1	Fyzikální model	27
5.1.2	Reálné využití	27
5.2	Řešení reálného využití.....	27
5.2.1	Výměna vzduchu	27
5.2.2	Přívod a odvod vzduchu k jednotce	27
5.2.3	Rozvod vzduchu po místnosti.....	28
5.2.4	Odvod vzduchu z místnosti.....	28
5.2.5	Snímání teploty	28
5.2.6	Ovládání jednotky	29

5.3 Provozní režimy jednotky řešené pomocí TC659.....	29
5.3.1 Rovnotlaký větrací režim.....	29
5.3.2 Cirkulační vytápěcí a větrací režim	30
5.3.3 Cirkulační vytápěcí režim.....	30
5.3.4 Větrací režim podtlakový.....	30
5.3.5 Větrací režim přetlakový	31
Závěr	32
Přílohy	33
Příloha A	33
Literatura	34

Seznam použitých symbolů a zkratk

CO	oxid uhelnatý
NO _x	oxidy dusíku
e ₁	vstup čerstvého vzduchu
c ₁	vstup cirkulačního vzduchu
c ₂	výstup cirkulačního a čerstvého vzduchu
i ₁	vstup odpadního vzduchu
i ₂	výstup odpadního vzduchu
PLC	programovatelný automat (Programmable Logic Controller)
ROM	paměť určená pouze ke čtení (Read Only Memory), nelze na ní zapisovat

1 Úvod

Při stále rostoucí ceně za teplo je potřeba snižovat tepelné ztráty na co nejmenší množství. Zdi se zateplují, nová okna těsní daleko lépe než ta stará. Tím ovšem nedochází k potřebné výměně vzduchu. Tu zajistí nejlépe vzduchotechnická jednotka. V poslední době je již běžné při navrhování nových domů s instalací nějaké počítat. Jednotka může obsahovat topné těleso, kterým se přiváděný vzduch ohřívá. Tím ale náklady na topení neklesnou. Daleko zajímavějším řešením je rekuperace tepla z odpadního vzduchu a jeho použití k ohřevu přiváděného vzduchu. Při té náklady vynaložené na ohřátí vzduchu klesají k nule. Problémem je účinnost tohoto ohřevu, která se pohybuje v rozmezí 30 až 90 %, takže výsledná teplota stále klesá a je potřeba ještě přitápět klasickou cestou.

Tato bakalářská práce se zabývá využitím větrací a teplovzdušné jednotky Duplex RB firmy Atrea. Je v ní spojena možnost rekuperace i ohřevu pomocí teplovodního radiátoru. Vzduch se tedy ohřívá nejprve při rekuperaci a při nedostatečné teplotě je ještě dohříván. Jedná se o jednotku, která se využívá pro větrání a dotápění bytů či rodinných domů. Nainstalována bude v učebně TK3, kde bude sloužit jako fyzikální model pro výuku, ale i jako prostředek k větrání učebny.

Ovládána bude pomocí programovatelného automatu TC659 od firmy Tecomat a to především z důvodu použití jednotky jako fyzikálního modelu. Do originálního řídicího systému nelze zasahovat a tak by byl k výuce předmětů o automatizaci nepoužitelný.

Řešení koncepce využití jako fyzikálního modelu obsahuje rozvržení potrubí v učebně, návrh jeho velikosti. Dále řeší způsob sběru dat o teplotě, výběr komunikační sběrnice pro měření těchto hodnot a komunikaci mezi teplotními čidly a řídicím systémem. Popisuje také způsob ovládání teplovzdušné jednotky při všech režimech chodu.

2 Vzduchotechnika

„Vzduchotechnika je technický obor, jenž sleduje tvorbu vnitřního prostředí čili interního mikroklimatu budov určených k pobytu a činnosti lidí, eventuálně zvířat, k průběhu technologických procesů či skladování nebo přemísťování materiálů.“¹ Toto mikroklima je z hlediska vzduchotechniky zajišťováno pomocí výměny odpadního vzduchu za vzduch upravený na určitou úroveň, která je dána zejména teplotou, vlhkostí a čistotou. Mikroklima se skládá z několika složek, určených pomocí několika fyzikálních a chemických veličin, které je potřeba udržovat pro dobrou funkčnost budov a zdravé prostředí pro člověka.

2.1 Složky mikroklimatu

2.1.1 Teplotně-vlhkostní složka

Jde o nejdůležitější složku mikroklimatu. Z důvodu stále se zpřísňujících požadavků na kvalitu utěsnění spár v obvodových zdech, nedochází k přirozené výměně vzduchu z místností. Tím stoupá relativní vlhkost. Zdrojem jsou především metabolismus člověka, koupelny, kuchyně. Vysoká relativní vlhkost sebou přináší nebezpečí ve formě většího výskytu plísní. Ty potom způsobují větší výskyt onemocnění, alergií apod.

2.1.2 Mikrobiální a aerosolová složka

Mikrobiální složka je tvořena mikroorganismy bakterií, viry, plísněmi, sporami a pyly. Aerosolovou tvoří pevné částice (prach) nebo kapalně částice (mlha). V současné době jsou velkým problémem alergie právě na tyto mikroorganismy a prach. Nejlepším způsobem, jak zmenšit koncentraci těchto mikroorganismů i prachu v místnosti, je pravidelná výměna vzduchu za čerstvý venkovní.

¹ Gebauer, Günter; Rubinová, Olga; Horká, Helena. *Vzduchotechnika*. 2005. s.ix. ISBN 80-7366-027-X

2.1.3 Odérová složka

Kromě klasických zdrojů oděru v místnosti, jako jsou kouření či vaření, jsou dalšími zdroji např. odpary z nátěrů, z plastů apod. Nejúčinnějším postupem je opět účinné větrání místnosti. Intenzita větrání by měla dosahovat 50 m³/hod čerstvého vzduchu na jednu pracující osobu.

2.1.4 Toxické mikroklima

Je tvořeno toxickými plyny s nezdravými účinky. V místnostech to bývá hlavně CO, v kuchyních s plynovými sporáky oxidy dusíku NO_x.

2.1.5 Ostatní složky mikroklimatu

Ostatní složky ovlivňuje vzduchotechnika méně. Jsou to elektroiontová, elektrostatická, elektromagnetická, ionizující a akustická složka. Vůbec potom neovlivňuje světelnou složku.

2.2 Větrání budov

Tato práce se zaměřuje na budovy, které se dají rozdělit na malé prostory (místnosti). Problematika větrání např. výrobních hal je daleko složitější. Nejčastějšími možnostmi větrání malých prostor jsou následující typy:

- Přirozené větrání
- Nucený odvod vzduchu
- Nucený přívod a odvod vzduchu bez distribuce potrubím
- Nucený přívod a odvod vzduchu s distribucí potrubním systémem s ohřevem a filtrací vzduchu
- Menší vzduchotechnická jednotka s rekuperací tepla (s distribucí vzduchu)
- Menší vzduchotechnická jednotka s ohřevem i rekuperací tepla

2.2.1 Přirozené větrání

K přirozenému větrání dochází vlivem tlakového rozdílu, způsobeného většinou rozdílnými teplotami, nebo dynamickým účinkem větru. Tato výměna vzduchu probíhá okny (provětrávání), netěsnostmi kolem nich (infiltrací), speciálními otvory. Jedná se ale v podstatě o nahodilý jev, se kterým nelze příliš počítat. Dá se proto použít pouze v místnostech s nenáročnými požadavky na mikroklima. Přirozené větrání je v podstatě nepoužitelné v blízkosti rušných komunikací, z důvodu nemožnosti přivedení čistého vzduchu. Problémem je také použití v blízkosti zdrojů hluku. Nutností je také ohřívání přiváděného vzduchu pomocí větších otopných ploch.

2.2.2 Nucený odvod vzduchu

V tomto případě je již odvod vzduchu zajišťován pomocí ventilátoru. Příkladem jsou například axiální ventilátory v obvodových zdích ve starších restauracích. Čerstvý vzduch je opět přiváděn pomocí oken, dveří, případně pomocí na to určených otvorů. Tento vzduch ale není opět nijak filtrován, proto záleží i na vnějším okolí. I při tomto větrání je potřeba vzduch ohřívat pomocí otopných ploch.

2.2.3 Nucený přívod a odvod vzduchu bez distribuce potrubím

Při tomto větrání se nejčastěji používají malé větrací jednotky s malým dopravním tlakem ventilátorů, který neumožňuje připojení na dlouhá rozvodná potrubí. Proto se často pro distribuci využívá mřížka na opláštění jednotky. Tyto jednotky obsahují ventilátor a ohřívač vzduchu. Ten může být elektrický nebo teplovodní. Tím se snižují nároky na otopná tělesa v místnosti.

2.2.4 Nucený přívod a odvod vzduchu s distribucí potrubním systémem s ohřevem a filtrací vzduchu

Tento systém je často řešen pomocí samostatného přívodu a odvodu vzduchu. Přívod je vybaven ventilátorem, ohřívačem vzduchu (elektrickým nebo teplovodním), filtrem vzduchu. Čerstvý vzduch je do místnosti rozváděn potrubním systémem, většinou z pozinkovaného plechu. Rozmístění potrubí má větší prostorové požadavky, ale většinou je umístěno v podhledu. Do tohoto systému je možné zařadit i výměník zpět-

ného získávání tepla, ale je potřeba zajistit prostorové křížení potrubí, což je v některých případech neproveditelné.

2.2.5 Menší vzduchotechnická jednotka s rekuperací tepla (s distribučním vzduchem)

Jedná se o kompaktní zařízení, ve kterém je obsažen přívod i odvod vzduchu. Skládá se z ventilátorů (přívodního, odvodního), ohřívače vzduchu, výměníku zpětného získávání tepla a filtru vzduchu. Zpětné získávání tepla vede jednoznačně k úsporám energie při ohřívání vzduchu.

2.2.6 Menší vzduchotechnická jednotka s ohřevem i rekuperací tepla

Jde o spojení jednotek, ve kterých se vzduch pouze ohřívá pomocí teplovodního radiátoru a jednotek, kde k ohřátí vzduchu dochází rekuperací tepla odpadního vzduchu. Jde o výborné řešení, jedním z mála výrobců, kteří takovéto jednotky nabízejí, je právě česká firma Atrea. Tato varianta je použita v učebně TK3.

2.3 Řešení pomocí větracích a teplovzdušných jednotek Duplex RB firmy Atrea

Jednotky Duplex RB slouží k dvouzónovému vytápění, větrání a chlazení. Díky své konstrukci umožňují primární cirkulační vytápění a větrání obytných částí domu a zároveň sekundární větrání sociálního zařízení a kuchyně. Pomocí rekuperace s účinností až 90% je předehříván vzduch vracející se do místností. Vzduch je dále také ohříván pomocí teplovodního ohřívače. Samozřejmostí je filtrace pomocí filtru s třídou filtrace G4.

Atrea Duplex RB má čtyři verze v závislosti na průtoku vzduchu. U cirkulačního vzduchu je to 610 m³/hod a 730 m³/hod. U odpadního vzduchu je to 370 m³/hod a 440 m³/hod. Prostorové řešení nabízí 20 variant, 16 s podstropním zavěšením a 4 s parapetním.

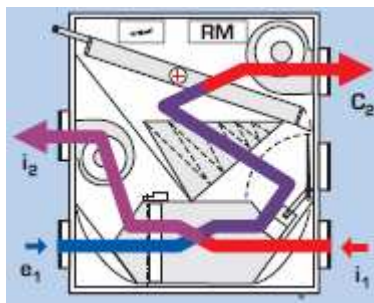
Jednotka má tři otvory pro vstup vzduchu do jednotky a dva pro výstup vzduchu z ní. Otvory pro vstup odpadního (i_1) a čerstvého (e_1) vzduchu mají průměr 160 mm. Otvor pro vstup cirkulačního vzduchu z místnosti (c_1) má průměr 200 mm. Otvor pro výstup cirkulačního a čerstvého vzduchu (c_2) má průměr také 200 mm. Otvor sloužící na výstup odpadního vzduchu (i_2) má průměr 160 mm.

2.4 Provozní režimy jednotky Duplex RB

Je zde popsáno pět režimů, které jednotka umí s originálním řídicím systémem. Obrázky jsou přejaty z firemních materiálů firmy Atrea [4].

2.4.1 Rovnotlaký větrací režim

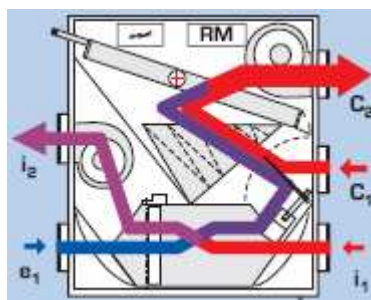
Při tomto režimu je přiváděn čerstvý vzduch z venku, který je ohříván rekuperací vzduchem odpadním a dále pomocí teplovodního ohřívače. Vzduch je odsáván pouze odpadní, vstup cirkulačního vzduchu do jednotky je uzavřen. Do odsávaných míst se čerstvý vzduch dostane pomocí netěsností a průduchů. Tento režim je vhodný v přechodných obdobích roku jako větrání a dotápění.



Obr. 1 –Rovnotlaký větrací režim [4]

2.4.2 Cirkulační vytápění a větrací režim

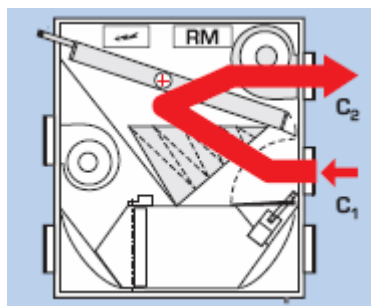
Opět je odváděn odpadní vzduch přes rekuperační část, která predehřívá přiváděný čerstvý vzduch. Ten se za směšovací klapkou mísí s cirkulačním vzduchem přiváděným z místností. Dále může být tento vzduch ohříván teplovodním ohřívačem a rozváděn do místností. Největší smysl má tento režim v topném období.



Obr. 2 – Cirkulační vytápění a větrací režim [4]

2.4.3 Cirkulační vytápění režim s nárazovým větráním

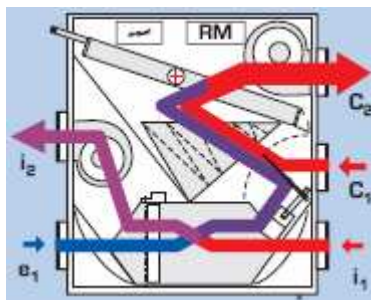
Jde o doporučený režim cirkulačního vytápění. Odvod odpadního vzduchu je uzavřen, probíhá pouze nasávání cirkulačního vzduchu. Ten je ohříván teplovodním ohřívačem a vracen do místností. Při impulsu z WC, koupelny nebo kuchyně dojde k dočasnému přepnutí na větrací režim. Využívá se v topném období.



Obr. 3 – Cirkulační vytápění režim s nárazovým větráním [4]

2.4.4 Větrací režim podtlakový

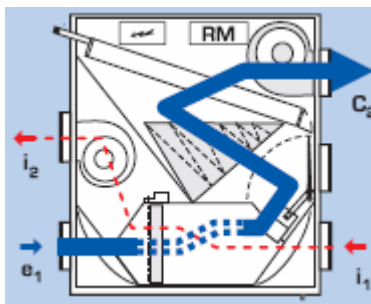
Používá se v letním a přechodném období roku. Odsáváním odpadního vzduchu ze sociálního zařízení vzniká podtlak. Ten se vyrovnává částečně přívodem čerstvého vzduchu z venku, částečně infiltrací okny.



Obr. 4 – Větrací režim podtlakový [4]

2.4.5 Větrací režim přetlakový

Do obytných prostor je přiváděn čerstvý vzduch, odvod vzduchu probíhá otevřenými okny. Odpadní vzduch odváděn pouze v případě potřeby (lidé na WC, v koupelně, v kuchyni).



Obr. 5 – Větrací režim přetlakový [4]

3 Programovatelné automaty

Programovatelný automat (Programmable Logic Controller – PLC) je číslicový řídicí elektronický systém používaný na řízení různých strojů a procesů v široké škále odvětví. Informace o řízeném procesu a jeho řízení probíhá pomocí vstupů a výstupů PLC. Program je uložen v paměti PLC a je cyklicky vykonáván.

3.1 Tecomat TC659

Jedná se o kompaktní řídicí systém od firmy Teco, použitelný na mnoha různých aplikacích v automatizaci či v technice zařízení budov.

Vybrané vlastnosti tohoto řídicího systému:

- 32bitový procesor
- výstavba do rozvaděčů na U-lištu
- rozšiřovací digitální i analogové I/O moduly, čítačové a komunikační moduly s vlastní diagnostikou, doplňkové zdroje
- všechny vstupy a výstupy jsou galvanicky oddělené od vnitřních obvodů
- rozhraní: Ethernet 10Mb/s, standardně tři sériové kanály

Tento programovatelný automat obsahuje 10 binárních vstupů, 10 reléových binárních výstupů, 8 analogových vstupů a 8 analogových výstupů. Centrální jednotka je napájena stejnosměrným napětím 24V z napájecího modulu. Dále mohou být na liště rozšiřující moduly. Z komunikačních možností byl použit jeden sériový kanál pro získání dat o teplotě z 1-Wire sběrnice (RS-232) a druhý pro komunikaci s PC. K ovládání teplovzdušné jednotky slouží analogové a binární výstupy.

3.2 Programování Tecomat TC659

Programování tohoto PLC se provádí pomocí programu Mosaic, zdarma poskytovaného výrobcem ve verzi Lite. Tato verze není omezená ve funkčnosti programování, pro reálnou komunikaci s PLC je ale potřeba mít hardwarový klíč.

Tento program umožňuje vybrat si z několika programovacích jazyků: strukturovaného textu (ST), jazyka instrukcí (IL), reléového schématu (LD) a jazyka funkčních bloků (FBD).

Mosaic umožňuje ladění programu pro PLC bez nutnosti reálného připojení automatu k PC (např. při možnosti, že nemáme hardwarový klíč), a to pomocí nástroje Simulátor PLC. Bohužel tato možnost nebyla použitelná pro ladění programu na řízení vzduchotechnické jednotky, protože neumožňuje komunikaci po sériovém kanálu a tím nebylo možné získávat data o teplotě.

3.3 Sériová komunikace Tecomat TC659

Sériová komunikace může probíhat v mnoha režimech v závislosti na připojené sběrnici a zařízeních. Pro toto zadání posloužil nejlépe obecný uživatelský režim – UNI.

Nejdříve je potřeba nastavit parametry komunikace. V našem případě komunikační rychlost 9600 Bd, formát dat 8 bitů bez parity.

3.4 Struktura dat při sériové komunikaci

Komunikační kanál zapisuje data o stavu linky, vysílaná a přijímaná data a stav komunikace. Tato data jsou zapisována do zápisníkové paměti a mají přidělena symbolická jména. Velikost přijímacího zásobníku i vysílacího zásobníku je 512 bytů.

Z diagnostiky kanálu můžeme získat číslo nastalé chyby (ve formátu celého čísla bez znaménka) a počet úspěšných a neúspěšných komunikací (formát celého čísla bez znaménka, dvojnásobné délky).

3.4.1 Příjem dat

Příchozí data mají tuto strukturu:

- Err – číslo chyby přenosu (celé číslo bez znaménka)
- NumR – počet přijatých bytů (celé číslo)
- Data [x] – přijatá zpráva (prvek pole celých čísel bez znaménka)
- Stat – status vysílání a příjmu (8krát Booleovské číslo):

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
ARC	TRF	ROV	RCF	TRO	X	CTS	X

Obr. 6 – Struktura bytu Stat

- ARC – alternace příjmu – hodnota bitu se změní při příchozí komunikaci
- TRF – probíhá vysílání – pokud je v log.1, PLC vysílá a příchozí zpráva bude akceptována, až po změně zpět na log.0
- ROV – přetečení – v log.1 pokud je přijatá zpráva větší, než vyhrazená přijímací zóna
- RCF – přijímací zásobníky zaplněny – dojde ke ztrátě již přijaté zprávy
- TRO – vysílací zásobníky zaplněny – další zpráva nepůjde zapsat
- CTS – připravenost k vysílání
- X – nedefinovaná hodnota

3.4.2 Vysílání dat

Vysílaná data vypadají takto:

- Sign – řízení modemových signálů (8krát Booleovské číslo)
 - RTS – řízení signálu RTS (pro komunikaci přes RS-485) (2. bit)
 - Ostatní bity nedefinovány
- NumT – počet vysílaných bytů (celé číslo)
- Data [x] – vysílaná zpráva (prvek pole celých čísel bez znaménka)
- Cont – řízení vysílání a příjmu (8krát Booleovské číslo):

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
ACN	CLR	TRG	X	X	X	X	X

Obr. 7 – Struktura bytu Cont

- ACN – alternace řízení – při změně hodnoty tohoto bitu jsou akceptovány ostatní hodnoty v Cont
- CLR – při log.1 dojde k vymazání přijímacích i vysílacích zásobníků
- TRG – pokud je hodnota bitu log.1, začne vysílání
- X – nedefinované hodnoty

3.4.3 Princip vysílání a přijímání zpráv

- Vysílání: Do vysílacího zásobníku vložíme data, nastavíme hodnotu bitu TRG na log.1 a změníme hodnotu bitu ACN. Pro vyslání další zprávy opět znegujeme bit ACN. Pro pouhé vymazání zásobníků nastavíme CLR do log.1 a TRG do log.0. Opět převrátíme hodnotu bitu ACN.
- Příjem: Bit ARC alternuje a data se zapíší do přijímacího zásobníku.

3.5 Binární výstupy

K dispozici máme deset digitálních výstupů. Každý z nich může být nastaven do hodnoty log.1 nebo log.0. Toto nastavení lze provést v těle programu. Pro snazší přístup k těmto výstupům je dobré si v manažeru projektu nastavit symbolická jména k těmto binárním výstupům. Při programování poté používáme jen tato jména.

3.6 Analogové výstupy

Máme možnost použít až 8 těchto výstupů. Každý z nich pracuje v rozsahu 0–10 V. Opět je vhodné si v manažeru projektu nastavit symbolická jména pro tyto výstupy. Požadovanou hodnotu výstupu můžeme nastavit jako binární hodnotu (FS) ve tvaru celého 16bitového čísla ($-32\,768 = 0\text{ V}$, $+32\,767 = +10\text{ V}$). Dále jako hodnotu v inženýrských jednotkách (ENG) ve formátu 32bitového čísla s pohyblivou řádovou čárkou ($0 = 0\text{ V}$, $10 = +10\text{ V}$). Třetí možností nenastavení na normalizovanou hodnotu (PCT), také jako 32 bitové číslo s pohyblivou řádovou čárkou ($0 = 0\text{ V}$, $100 = +10\text{ V}$). Je možné nastavit, jak se výstup bude chovat při blokování. Lze zmrazit poslední hodnotu nebo nastavit definovaný stav.

4 1-Wire sběrnice

4.1 Vlastnosti sběrnice a kompatibilních zařízení

Jedná se o datovou sběrnici navrženou firmou Dallas Semiconductor. Jde o dvouvodičovou sběrnici, na které je možné k řídicímu zařízení připojit více zařízení.

Všechna zařízení jsou připojena na společnou zem a paralelně i na společný datový vodič. Tento datový vodič je připojen přes odpor o hodnotě 4,7 k Ω na napájecí napětí, a tím je sběrnice v log.1.

Každé 1-Wire zařízení obsahuje paměť ROM s unikátním nezaměnitelným 64bitovým číslem. Pomocí tohoto čísla je možné rozlišit všechna zařízení na sběrnici. Spodních 8 bitů je typ zařízení (např. teploměry, převodníky), dalších 48 bitů tvoří sériové číslo a nejvyšších 8 bitů je CRC kód. Před komunikací s vybraným zařízením, je vždy nutné odeslat toto unikátní 64bitové číslo.

Základní rychlost přenosu po 1-Wire sběrnici je 16 kbit/s, ale je možné přepnout na zvláštní zrychlený režim (OD – Overdrive), při kterém je rychlost zvětšena na 125 kbit/s.

Napěťové úrovně odpovídají TTL logice. Všechna zařízení mohou být napájena pomocí externího zdroje o napětí 2,8–6 V. Dále je možné využít parazitní napájení, využívající elektrických impulsů posílaných po datové lince.

4.2 Princip komunikace po 1-Wire sběrnici

Komunikace se musí vždy skládat ze tří částí:

- Inicializace – všechny přenosy po sběrnici musí začít inicializací. Inicializační sekvence se skládá z resetovacího signálu vyslaného master zařízením a odpovědí podřízených zařízení. V resetovacím signálu je obsaženo nastavení komunikační rychlosti. Podle odpovědi se pozná reakce linky.

- Resetovací signál:

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
1	1	0	X	A	B	0	1

X ... libovolná hodnota	A	B	rychlost
	0	0	standardní
	0	1	flexibilní
	1	0	OD
	1	1	flexibilní

Obr. 8 – Struktura resetovacího signálu

- Odpověď:

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
1	1	X	0	1	1	A	B

X ... libovolná hodnota	A	B	1-Wire
	0	0	zkratována
	0	1	připravena
	1	0	přípr. - alarm
	1	1	nepřipravena

Obr. 9 – Struktura odpovědi na resetovací signál

- Operace s pamětí ROM – po zjištění master zařízení, že je sběrnice připravena, přijdou na řadu operace, pracující s 64bitovým číslem, uloženým v paměti ROM všech zařízení na lince. To umožňuje ovládat vždy přesně specifikované zařízení připojené na sběrnici. Tyto příkazy také umožňují zjistit kolik zařízení je na lince přítomno, jaké ho jsou druhu a zda některé z nich není v alarm stavu (např. překročení zadané hodnoty teploty u teploměru). Jde o pět příkazů, každý příkaz je 8 bitů dlouhý:
 - Prohledání ROM (Search ROM – [F0h]) – algoritmus pro prohledání sběrnice v případě, že je na ní připojeno více zařízení. Je potřeba provést celý cyklus tolikrát, aby byla zjištěna všechna zařízení.
 - Čtení ROM (Read ROM [33h]) – příkaz použitelný pouze v případě, kdy je na sběrnici jen jedno zařízení. Po tomto příkazu je vyslán pří-

mo 64bitový kód. V případě více členů dojde ke kolizi dat (začnou vysílat naráz).

- Potvrzení ROM (Match [55h]) – po tomto příkazu vyšle master 64bitový kód cílového zařízení. Komunikovat začne pouze ten, který obsahuje přesně stejnou adresu, ostatní mlčí a čekají na resetovací pulz.
 - Vynechání ROM (Skip ROM [CCh]) – tento příkaz použije master v případě, kdy chce adresovat všechna zařízení na sběrnici. Je použitelný i v případě jednoho členu na sběrnici, protože nemusíme odesílat adresu.
 - Hledání Alarmu (Alarm Search [ECh]) – na tento příkaz odpoví pouze zařízení, která jsou právě v alarm stavu.
- Funkční příkazy – jsou různé pro každý typ zařízení.

4.3 DS2480B

Pro komunikaci s PLC byl vybrán sériový port, proto bylo potřeba zajistit komunikaci mezi ním a 1-Wire sběrnici. Nejvhodnější byl obvod DS2480B, což je převodník mezi sériovou komunikací a komunikací po 1-Wire sběrnici.

4.4 DS18B20

Číslicový teploměr, který vrací přímo hodnotu naměřené teploty, bez nutnosti kalibrace. Vyráběn je ve dvou provedeních lišících se způsobem napájení, externím zdrojem nebo parazitním odebráním napětí ze sběrnice. Teplotu měří v rozsahu od -55 °C do +100 °C (-67 °F až +212 °F) s přesností $\pm 0,5$ °C (při rozsahu teplot -10 °C až +85 °C). Rozlišení teploměru je volitelné od 9 do 12 bitů. Maximální čas potřebný pro převedení teploty na 12bitové číslo je 750 ms. Je možné nastavit hodnotu minimální a maximální teploty (alarmu).

Funkční příkazy pro DS18B20:

- Převést teplotu (Convert T [44h]) – tento příkaz spouští převod teploty. Po převodu je tato hodnota uložena v 2bytovém registru v zápisníkové paměti teploměru a DS18B20 se vrací do nečinnosti.
- Zápis do paměti (Write Scratchpad [4Eh]) – tímto příkazem se zapíše 3 byty dat do zápisníkové paměti. První byt je zapsán do TH registru (alarm maximální hodnoty), druhý do TL registru (alarm minimální hodnoty) a třetí do konfiguračního registru.
- Čtení paměti (Read Scratchpad [BEh]) – teploměr odešle obsah své zápisníkové paměti. Začne nejmeně významným bitem bytu 0 a pokračuje, dokud není odeslán devátý byte (byte 8 je kontrolní součet). Master může kdykoliv odesílání přerušit příkazem reset (pokud již zbytek dat nepotřebujeme).
- Zkopírování paměti (Copy Scratchpad [48h]) – zkopíruje obsah registrů TH, TL a konfiguračního registru do paměti EEPROM.
- Znovunačtení (Recall E2 [B8h]) – načte hodnoty alarmů teploty (maximální i minimální) a konfigurační data z paměti EEPROM a vloží je do registrů TH, TL a konfiguračního registru v zápisníkové paměti.

5 Koncepce a řešení využití teplovzdušné jednotky

5.1 Koncepce

5.1.1 Fyzikální model

Jako další z fyzikálních modelů bude jednotka Atrea RB připojena na sběrnici v učebně TK3. Na ní jsou připojeny programovatelné automaty Tecomat, které jsou ovládány z PC v učebně.

5.1.2 Reálné využití

V učebně TK3 bude k jednotce namontováno potrubí pro přívod čerstvého vzduchu i pro odvod odpadního vzduchu z místnosti. Jednotka bude napojena na dva průduchy ve zdi budovy. Dále bude jednotka připojena na přívod teplé vody, sloužící k ohřevu rozváděného vzduchu. V případě potřeby bude možné spustit vybraný režim chodu a vykonat výměnu vzduchu.

5.2 Řešení reálného využití

5.2.1 Výměna vzduchu

Hlavním požadavkem na vzduchotechnickou jednotku je dostatečný objem vzduchu přečerpaný za hodinu. Podle Nařízení vlády 178/2001 sb. ze dne 18. dubna 2001, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci, musí být minimální množství přiváděného venkovního vzduchu $50 \text{ m}^3/\text{hod}$ na osobu při práci prováděné převážně vsedě. Toto nařízení se vztahuje i na výukové prostory (ty jsou brány jako pobytové prostory). Tedy pro 30–40 studentů musí být vyměněno 1500–2000 m^3/hod . Z tohoto pohledu by bylo lepší použít jinou vzduchotechnickou jednotku, např. Duplex RC nebo Duplex-S 1500. Jednotka Duplex RB má být využita zejména jako fyzikální model, proto její použití postačí.

5.2.2 Přívod a odvod vzduchu k jednotce

Jednotka bude umístěna na zdi v zadní části učebny u oken. Proto bylo potřeba umístit nad sebe do zdi dva otvory o průměru 160 mm. Spodní slouží k přívodu čerstvého vzduchu, horní k odvodu vzduchu odpadního. Důležité je, aby byl čerstvý vzduch

nasáván z místa položeného níž, než se nachází výfuk odpadního vzduchu. Jinak by mohl být opět nasáván zpět do jednotky.

5.2.3 Rozvod vzduchu po místnosti

Čerstvý, přefiltrovaný a případně i předeřhřátý vzduch se bude po místnosti rozvádět pomocí potrubí obdélníkového průřezu o rozměrech 225 mm × 200 mm z pozinkovaného plechu. Potrubí s čerstvým vzduchem povede pod stropem od jednotky kolem oken. Bude dlouhé přibližně 12 m. Směrem k oknům na něm bude pět vzduchotechnických vyústek o rozměrech 525 mm × 125 mm. Napojeno na jednotku bude pomocí přechodového dílu z obdélníkového na kruhové potrubí.

5.2.4 Odvod vzduchu z místnosti

V reálném provozu je potřeba na odvod vzduchu dvou potrubí. Jedno slouží k odvodu odpadního vzduchu z koupelen či kuchyní a druhé k odvodu cirkulačního vzduchu z ostatních místností. V učebně bude vzduch odváděn pomocí potrubí vedoucího pod stropem od jednotky podél zadní zdi. Bude ho tvořit opět potrubí o rozměrech 225 mm × 200 mm z pozinkovaného plechu. Jeho délka bude přibližně 6 m. Směrem dolů na něm budou umístěny tři vzduchotechnické vyústky o rozměrech 525 mm × 125 mm. Na jednotce bude potrubí napojeno na vstup cirkulačního vzduchu i na vstup odpadního vzduchu pomocí přechodového dílu z obdélníkového na kruhové potrubí.

5.2.5 Snímání teploty

Teplotu je potřeba snímat na několika místech. Mimo budovu (venkovní teplota), v místnosti (vnitřní teplota) a poté ještě uvnitř jednotky v různých jejích částech.

Uvnitř je potřeba měřit nasávaného cirkulačního vzduchu, vzduchu před rekuperátorem (nasátá směs, v případě vstupu pouze čerstvého vzduchu jeho teplota) i za ním (směs po ohřátí pomocí rekuperace), teplotu za topným radiátorem (teplota vzduchu vycházejícího z jednotky do místnosti) a nakonec i teplotu odpadního vzduchu.

5.2.6 Ovládání jednotky

Jednotka obsahuje dva ventilátory a dvě klapky. Všechny tyto součásti je potřeba z PLC ovládat.

Ventilátory lze podobně jako v originálním řešení ovládat pomocí přepínání výstupů na autotransformátoru. Další možností je použít spojitě řízení pomocí Solid State Relay nebo frekvenčního měniče.

By-passová klapka má pouze dvě polohy (otevřeno/zavřeno) ovládat tedy lze pomocí binárního výstupu. Směšovací klapku je potřeba ovládat spojitě, proto využijeme analogový výstup 0–10 V.

5.3 Provozní režimy jednotky řešené pomocí TC659

Jednotka může pracovat v pěti různých režimech, popsanych v kap. 1.4. V řešení od výrobce jsou tyto režimy přeprogramovány v ovládacím systému dodávaném s jednotkou. Teplovzdušná jednotka v učebně TK3 bude ovládána pomocí programovatelného automatu TC659, proto je potřeba tyto režimy navrhnout v prostředí Mosaic.

5.3.1 Rovnotlaký větrací režim

V tomto režimu je odváděn pouze odpadní vzduch (koupelny, kuchyně) a neprobíhá cirkulace vzduchu skrz jednotku. V zapojení v učebně TK3 jde vzduch stejným potrubím jako cirkulační vzduch. Směšovací klapka musí být nastavena do polohy, kdy je uzavřen přívod cirkulačního vzduchu z místnosti, tedy hodnota vyslaná na analogový výstup musí být v inženýrských jednotkách 10 (odpovídá hodnotě napětí na výstup rovné 10 V). By-passová klapka je v poloze vypnuto, což odpovídá log.0 na binárním výstupu. Díky tomu prochází odpadní vzduch rekuperátorem kde odevzdává své teplo čerstvému vzduchu. Ten je poté ještě případně ohříván pomocí teplovodního radiátoru. Teplota požadovaného vzduchu je hlídána pomocí čidel. Nejdříve je vzduch ohříván jen pomocí rekuperace a v případě, že teplota vzduchu hnaného do potrubí je menší než požadovaná, je spuštěn i teplovodní ohříváč. By-passová klapka by byla přepnuta do polohy zapnuto v případě, že vzduch nasávaný z venku je teplejší (měřeno v místě před rekuperátorem, za směšovací klapkou), než odpadní vzduch. Oba ventilátory jsou puštěny, záleží na uživateli, jakou rychlost zvolí.

5.3.2 Cirkulační vytápěcí a větrací režim

V tomto režimu je k čerstvému vzduchu z venku přimícháván cirkulační vzduch odsávaný z místnosti. Spojí se ještě před rekuperátorem, což znamená, že směšovací klapka musí být v poloze, kdy je přiváděn jak čerstvý vzduch, tak i cirkulační. Nejčastěji v poloze s inženýrskou hodnotou 5 (5 V), kdy klapka pouští z obou přívodů stejně. By-passová klapka je opět v poloze vypnuto, dokud je teplota odpadního vzduchu větší než teplota směsi vzduchu vstupujícího do rekuperátoru. Znovu platí, že ohřívač je spuštěn, až v případě nedostatečného ohřevu pomocí rekuperátoru. Spuštěny jsou oba ventilátory.

5.3.3 Cirkulační vytápěcí režim

Jde o základní vytápěcí režim. Směšovací klapka je nastavena do polohy, kdy je uzavřen přívod čerstvého vzduchu z venku. V inženýrských jednotkách tedy 0 (odpovídá 10 V). Spuštěn je pouze cirkulační ventilátor. Cirkulační vzduch z místnosti je proháněn skrz teplovodní radiátor a díky němu je ohříván na požadovanou teplotu. Tu hlídá řídicí systém pomocí teplotního čidla, umístěného ve výfuku cirkulačního a čerstvého vzduchu (v tomto případě pouze cirkulačního). V případě impulsu (např. pobyt osob na WC, v koupelně) dojde k dočasnému přepnutí na větrací režim. V tom případě je spuštěn ventilátor odpadního vzduchu, By-passová klapka přepnuta do polohy vypnuto. Také je nutné pootevřít směšovací klapku, aby mohl proudit čerstvý vzduch. Po předem nastavené době se jednotka přepne zpět do cirkulačního vytápěcího režimu.

5.3.4 Větrací režim podtlakový

Tímto režimem způsobíme podtlak v místech odsávání odpadního vzduchu a díky netěsnostem a otevřenému průchodu čerstvého vzduchu skrz jednotku je tento tlak vyrovnán. Směšovací klapka je v poloze, kdy je úplně uzavřen přívod cirkulačního vzduchu z místností (10 V), cirkulační ventilátor je vypnut. Odpadní vzduch je odváděn, to znamená, že je spuštěn ventilátor. By-passová klapka je v poloze zapnuto, protože není důvod, aby vzduch odcházel skrz rekuperátor. Teplovodní ohřívač je vypnutý, není důvod vzduch ohřívat.

5.3.5 Větrací režim přetlakový

Cirkulační ventilátor je spuštěn, směšovací klapka dána do polohy s plně otevřeným přísunem čerstvého vzduchu (vstup cirkulačního uzavřen). Odpadní vzduch je odváděn pouze v případě potřeby a to po dobu nezbytně nutnou. Vzduch z místností odchází pootevřenými okny. Radiátor opět nezapnutý, ohřátý vzduch by byl okamžitě vypuštěn okny.

Závěr

Úkolem této práce bylo vypracovat koncepci využití fyzikálního modelu teplo-vzdušné jednotky Atrea Duplex RB pro řízené větrání učebny TK3 a navrhnout praktické řešení, realizující tuto koncepci.

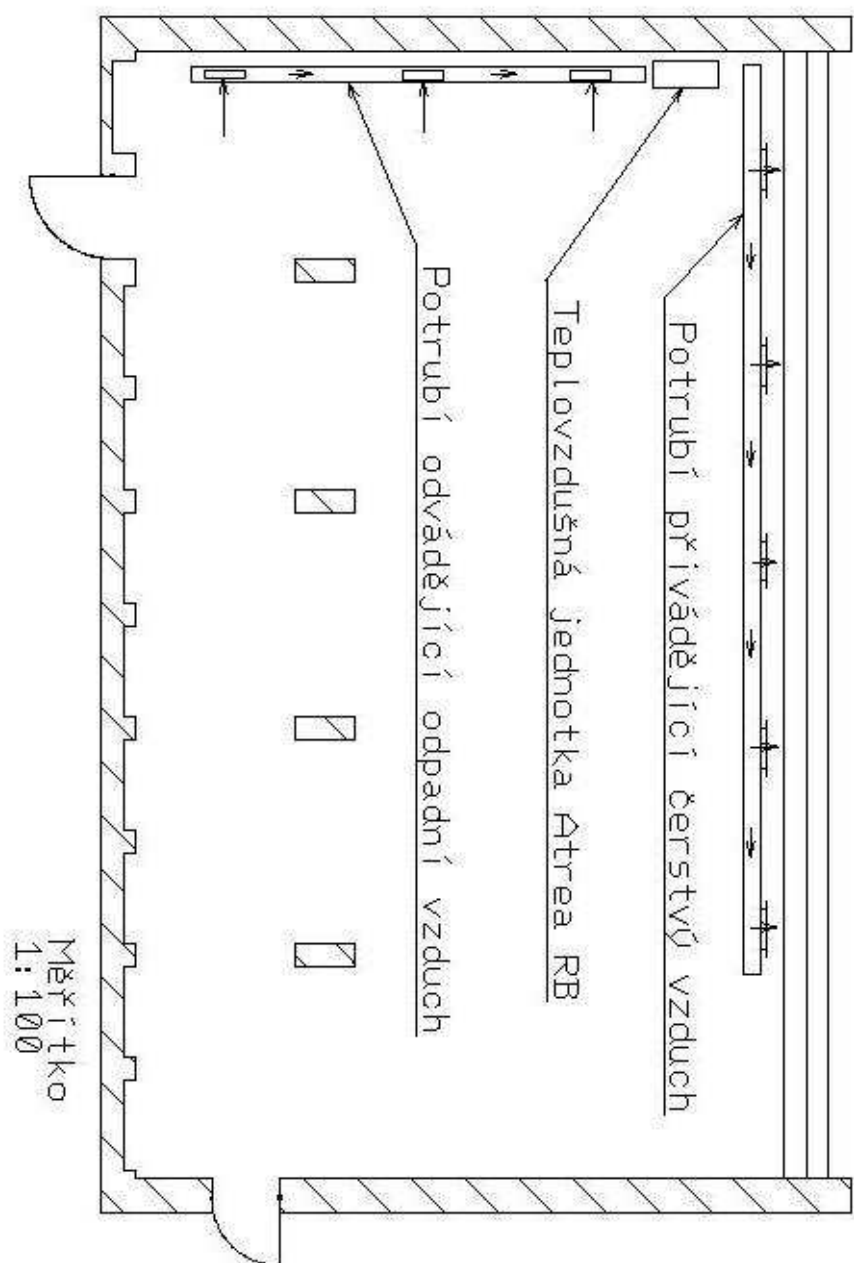
Praktické využití bylo navrženo tak, aby mohla být jednotka využívána hlavně jako fyzikální model pro výuku. Z toho plynula nutnost použít řídicí systém využívaný při výuce. V tomto případě jde o programovatelný automat Tecomat TC659 od firmy TECO. V jednotce se ovládají dva ventilátory, cirkulační a odpadního vzduchu, a dvě klapky, by-passová a směšovací. Na PLC tak bylo potřeba využít jak analogové, tak i digitální výstupy. Jednotka i při ovládání přes Tecomat TC659 pracuje ve stejných provozních režimech jako při ovládání originálním řídicím systémem.

Jako teplotní čidla byly použity teploměry DS12B20, jako převodník mezi sériovou linkou a 1-Wire sběrnici pak DS2480. Díky vstřícnosti firmy Dallas Semiconductor byly tyto součástky poskytnuty jako bezplatné vzorky. Komunikace s čidly a jejich ovládání není úplně triviální, ale ani přehnaně složitá. Díky identifikačnímu číslu, vlastnímu každému zařízení používaném na 1-Wire sběrnici, je možné komunikovat vždy s jedním konkrétním zařízením. Důležité je, že naměřená velikost teploty je z čidla již odesílána v reálné hodnotě. Odpadá tak nutnost kalibrace, ale hlavně dalších přepočtů teploty.

Rozvržení potrubí v učebně bylo konzultováno s ing. Skácelem. Nejvhodnější bylo použití přívodu čerstvého vzduchu kolem oken a odvodu starého u zdi. Vycházelo se i z předem určené polohy jednotky v učebně. Bohužel k této realizaci nedošlo, z důvodu nutné rekonstrukce učebny.

Přílohy

Příloha A



A.1 – Návrh vzduchotechnického potrubí v učebně TK3

Literatura

- [1] Gebauer, Günter; Rubinová, Olga; Horká, Helena. *Vzduchotechnika*. Praha: Era, 2005.
- [2] Řehánek, J., Janouš, A., Kučera, P., Šafránek, J.: *Tepelně technické a energetické vlastnosti budov*, Grada, 2002
- [3] Větrání a klimatizace malých provozoven (II) – TZB-info
URL: <www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4548> (19. 12. 2007)
- [4] Duplex RB teplovzdušné vytápění a větrací jednotky...
URL: <www.atrea.cz/?download=cz/obytno/duplex_rb_cz_2007_03.pdf> (19. 12. 2007)
- [5] DS2480B Serial 1-Wire Line Driver With Load Sensor
URL: <<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS2480B.pdf>> (6. 1. 2008)
- [6] DS18B20-PAR 1-Wire Parasite-Power Digital Thermometer
URL: <<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18B20-PAR.pdf>> (6. 1. 2008)
- [7] Nařízení vlády ze dne 18. dubna 2001, kterým se stanoví podmínky...
URL: <www.mvcr.cz/sbirka/2001/sb068-01.pdf> (7. 4. 2008)
- [8] Technické vybavení programovatelných automatů řady TC650
URL: <www.tecomat.cz/docs/cze/tecomat/txv13822.pdf> (5. 3. 2008)
- [9] Kompaktní řídicí a regulační systémy
URL: <www.tecomat.cz/docs/cze/katalog/tecomat/kompakt_tecomat_cz.pdf> (5. 3. 2008)